

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-272208

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G01B 11/00  
G03F 9/00  
H01L 21/02  
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-087008

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.03.2000

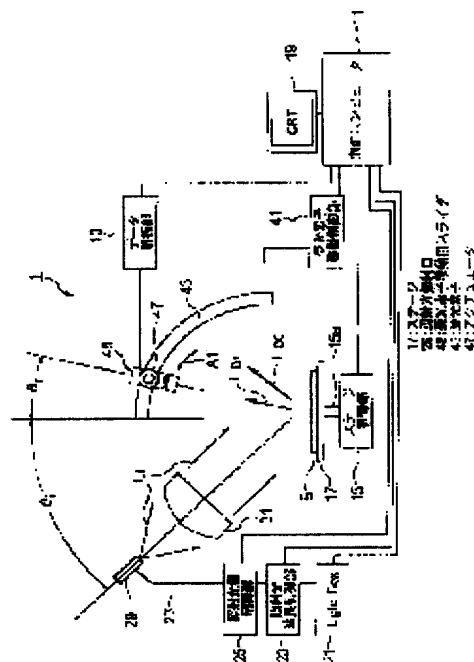
(72)Inventor : KITAGAWA TAKAHIRO

(54) SUPERPOSING DEVIATION INSPECTION APPARATUS, AND MARK FOR INSPECTING SUPERPOSING DEVIATION AND SUPERPOSING DEVIATION INSPECTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a superposing deviation inspection apparatus, marks for inspecting superposing deviations and overlap deviation inspection method, which enable automatic inspection of the presence of a superposing deviation in a shorter time between a lower layer pattern and a resist pattern, in a lithographic process during the production process of semiconductors.

SOLUTION: There are arranged a state 17, which carries a substrate S containing a lower layer patterns 61 that is designed to be arranged alternately to make a diffraction grating with a cycle width (p), a pattern for forming an element as resist pattern 65 and marks 60 to be inspected formed individually along with the resist pattern, an irradiation element 29 which radiates a parallel monochromatic light L1 having a wavelength  $\lambda$  for irradiating the marks 60 from the direction that gives the cycle (p) at an arbitrary angle  $\theta_1$  of incidence, a photodetection means 45 for detecting a m-th order diffraction light LDm generated from the marks 60 as irradiated with the parallel monochromatic light L1 and a determining means 13 to determine the presence of a superposing deviation between the lower layer pattern 61 and the resist pattern 65, based on the expression  $p(\sin\theta_{rm}-\sin\theta_i)=\pm m\lambda$  obtained from the cycle p, incidence angle  $\theta_i$ , exiting angle  $\theta_{rm}$  of the m-th order diffraction light LDm.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-272208  
(P2001-272208A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード\* (参考)

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

G 2 F 0 6 5

G 0 3 F 9/00

G 0 3 F 9/00

H 5 F 0 4 6

H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

A

21/027

21/30

5 0 2 Z

5 0 2 M

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-87008(P2000-87008)

(22) 出願日 平成12年3月27日 (2000.3.27)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 北川 隆 宏

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

Fターム(参考) 2F065 AA03 BB02 BB27 CC19 FF48

GG02 GG22 HH03 HH12 HH18

JJ03 JJ08 JJ26 LL23 LL24

LL42 NN06 PP22 UU07

5F046 EA07 EB01 FA03 FA09 FB12

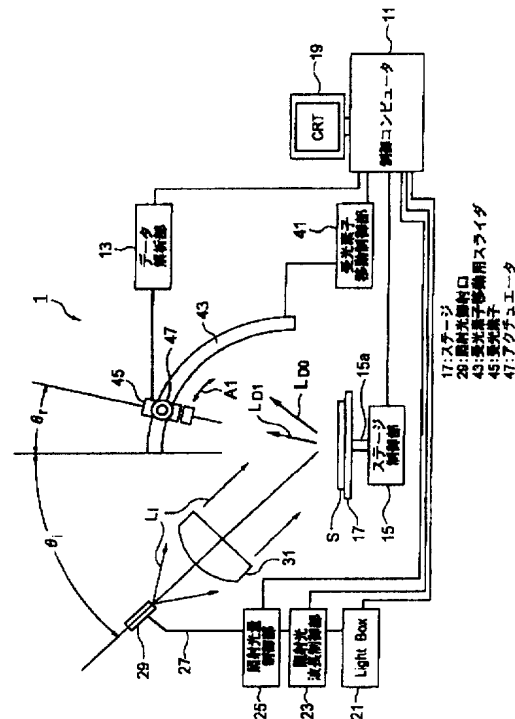
FB13 FC04

(54) 【発明の名称】 重ね合わせずれ検査装置、重ね合わせずれ検査用マークおよび重ね合わせずれ検査方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体の製造工程中のリソグラフィ工程において、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせずれの有無を短時間でかつ自動的に検査することができる重ね合わせずれ検査装置、重ね合わせずれ検査用マークおよび重ね合わせずれ検査方法を提供する。

【解決手段】 交互に配置されて周期幅pの回折格子をなすように設計された下層パターン61とレジストパターン65であって素子形成用のパターンとレジストパターンとともにそれぞれ形成された被検査マーク60を含む基板Sを載置するステージ17と、波長λの平行単色光L<sub>i</sub>を発生させ任意の入射角θ<sub>i</sub>で周期pを与える方向から被検査マーク60に照射する照射素子29と、平行単色光L<sub>i</sub>の照射を受けて被検査マーク60から発生するm次回折光L<sub>0m</sub>を検出する受光手段45と、周期pと波長λと入射角θ<sub>i</sub>とm次回折光L<sub>0m</sub>の射出角θ<sub>rm</sub>との間の関係式 $p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m\lambda$ に基づいて下層パターン61とレジストパターン65との重ね合わせずれの有無を判定する判定手段13と、を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】交互に配置されて周期幅  $p$  の回折格子をなすように設計された第 1 のパターンと第 2 のパターンであって、素子形成用のパターンおよびレジストパターンとともにそれぞれ同時に形成された被検査マークを含む基板を載置するステージと、

波長  $\lambda$  の平行単色光を発生させ、任意の入射角  $\theta_i$  で前記周期幅  $p$  を与える方向から前記平行単色光を前記被検査マークに照射する照射素子と、

前記平行単色光の照射を受けて前記被検査マークから発生する  $m$  次回折光 ( $m$  は 0 を除く整数) を検出する受光手段と、

前記周期幅  $p$  と前記波長  $\lambda$  と前記入射角  $\theta_i$  と前記  $m$  次回折光の射出角  $\theta_{rm}$  との間の関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda$$

に基づいて前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの重ね合わせずれの有無を判定する判定手段と、を備える重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 2】前記判定手段は、前記関係式に基づく射出角  $\theta_{rm}$  で前記被検査マークから射出する前記  $m$  次回折光が検出されるべき位置で前記受光素子が前記  $m$  次回折光を受光する場合に、前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの間で重ね合わせずれが無いと判定し、前記関係式に基づく射出角  $\theta_{rm}$  で前記被検査マークから射出する前記  $m$  次回折光が検出されるべき位置で前記受光素子が前記  $m$  次回折光を検出しない場合に、前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの間で重ね合わせずれが発生していると判定することを特徴とする請求項 1 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 3】前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に、前記関係式に基づく射出角  $\theta_{rm}$  で前記被検査マークから射出する前記  $m$  次回折光が検出されるように、前記照射素子と前記ステージと前記受光素子との間の相対位置関係を制御する位置制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 4】前記判定手段は、前記受光素子により検出された前記  $m$  次回折光の輝度と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に前記受光素子により検出される前記  $m$  次回折光の輝度である輝度しきい値と、を比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 5】前記位置制御手段は、前記平行単色光が通過する平面とほぼ同一の平面内で、前記  $m$  次回折光の任意の射出角に対応して前記受光素子の受光面が前記被検査マークに対向するように前記受光素子を移動させる受光素子移動手段を含み、

前記判定手段は、前記受光素子により検出される前記  $m$  次回折光が最大の輝度を有するときの前記任意の射出角

と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に前記平行単色光の照射を受けて発生する前記  $m$  次回折光の射出角である基準射出角とを比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 3 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 6】前記位置制御手段は、前記平行単色光が任意の入射角で前記被検査マークに入射するように前記照射素子を移動させる照射素子移動手段を含み、

前記判定手段は、前記受光素子により検出される前記  $m$  次回折光が最大の輝度を有するときの前記任意の入射角と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に前記受光素子に検出される前記  $m$  次回折光が最大の輝度を有するときの入射角である基準入射角とを比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 3 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 7】前記相対位置制御手段は、前記ステージを任意の傾斜角で傾斜させるステージ傾斜制御手段を含み、

前記判定手段は、最大の輝度で前記受光素子に検出された前記  $m$  次回折光の射出角である被測定射出角を前記ステージの傾斜角に基づいて算出し、算出された被測定射出角と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に前記平行単色光の照射を受けて発生する前記  $m$  次回折光の射出角である基準射出角と、を比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 3 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 8】前記基板には前記周期幅  $p$  を与える方向が互いに直交する複数の前記被検査マークが形成され、前記相対位置制御手段は、前記複数の被検査マークに前記平行単色光が順次照射されるように前記ステージを回動させるステージ回動制御手段を含むことを特徴とする請求項 3 ないし 7 のいずれかに記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 9】交互に配置されて周期幅  $p$  の回折格子をなすように設計され基板上に形成された第 1 のパターンと第 2 のパターンとを含む重ね合わせずれ検査用マークであって、

前記第 1 のパターンは、上記基板上の素子形成用のパターンと同時に形成され、

前記第 2 のパターンは、前記素子形成用パターンに重ねてフォトリソグラフィにより形成されたレジストパターンと同時に形成され、

波長  $\lambda$  の平行単色光の入射を任意の入射角  $\theta_i$  で前記周期幅  $p$  を与える方向から受けて、

関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda \quad (m \text{ は } 0 \text{ を除く整数})$$

を満たす射出角  $\theta_{rm}$  で  $m$  次回折光を射出し、上記周期幅  $p$  を有するように形成されたか否かの情報を与える重

ね合わせずれ検査用マーク。

【請求項 10】基板上に第 1 のパターンを素子形成用のパターンと同時に形成する工程と、フォトリソグラフィにより、前記基板上に前記素子形成用パターンに重ねてレジストパターンを形成すると同時に、前記第 1 のパターンと交互に配置されるように第 2 のパターンを形成する工程とを含み、前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンで周期幅  $p$  の回折格子をなすように設計された被検査マークを前記基板上に形成するマーク形成工程と、

発光素子から波長  $\lambda$  の平行単色光を発生させて任意の入射角  $\theta_i$  で前記周期幅  $p$  を与える方向から前記被検査マークに照射する照射工程と、

前記平行単色光の照射を受けて前記被検査マークから発生する  $m$  次回折光 ( $m$  は 0 を除く整数) を受光素子により検出する検出工程と、

前記周期幅  $p$  と前記波長  $\lambda$  と前記入射角  $\theta_i$  と前記  $m$  次回折光の射出角  $\theta_{rm}$  との間の関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda$$

に基づいて前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの重ね合わせずれの有無を判定する判定工程と、を備える重ね合わせずれ検査方法。

【請求項 11】前記判定工程は、前記関係式に基づく射出角  $\theta_{rm}$  で前記被検査マークから射出する前記  $m$  次回折光が検出されるべき位置で前記  $m$  次回折光が検出された場合に前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの間で重ね合わせずれが無いと判定し、前記関係式に基づく射出角  $\theta_{rm}$  で前記被検査マークから射出する前記  $m$  次回折光が検出されるべき位置で前記  $m$  次回折光が検出されない場合に前記第 1 のパターンと前記第 2 のパターンとの間で重ね合わせずれが発生していると判定する工程であることを特徴とする請求項 10 に記載の重ね合わせずれ検査方法。

【請求項 12】前記判定工程は、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に検出されるべき前記  $m$  次回折光の輝度である輝度しきい値と、検出された前記  $m$  次回折光の輝度と、を比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定する工程であることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の重ね合わせずれ検査方法。

【請求項 13】前記検出工程は、前記平行単色光が通過する平面とほぼ同一の平面内で、前記受光素子の受光面が前記被検査マークに対向するように前記受光素子を移動させながら前記  $m$  次回折光を検出する工程であり、前記判定工程は、最大の輝度で前記  $m$  次回折光が検出されたときの前記  $m$  次回折光の射出角と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に検出されるべき前記  $m$  次回折光の射出角である基準射出角とを比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 14】前記照射工程は、任意の入射角で前記被検査マークに入射するように前記照射素子を移動させながら前記平行単色光を照射する工程であり、前記判定工程は、検出される前記  $m$  次回折光が最大の輝度を有するときの前記任意の入射角と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に最大の輝度で検出されるべき前記  $m$  次回折光の入射角である基準入射角と、を比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 15】前記検出工程は、前記基板を任意の傾斜角で傾斜させながら前記  $m$  次回折光を検出する工程であり、前記判定工程は、最大の輝度で検出された前記  $m$  次回折光の射出角である被測定射出角を前記基板の傾斜角に基づいて算出し、算出された被測定射出角と、前記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に前記平行単色光の照射を受けて発生する前記  $m$  次回折光の射出角である基準射出角と、を比較することにより前記重ね合わせずれの有無を判定することを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の重ね合わせずれ検査装置。

【請求項 16】前記マーク形成工程は、前記周期幅  $p$  を与える方向が互いに直交する複数の前記被検査マークを形成する工程であり、前記基板を回転させて、前記照射工程、前記検出工程および前記判定工程を繰り返し、前記複数の被検査マークについて重ね合わせずれを順次検査することを特徴とする請求項 10 ないし 15 のいずれかに記載の重ね合わせずれ検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、重ね合わせずれ測定装置、重ね合わせずれ測定方法および重ね合わせずれ測定用マークに関し、特に、基板上へのデバイス形成形成過程で行なわれるリソグラフィ工程において、ウェーハ表面に既に形成されたパターンと、このパターン上に露光され現像されたレジストパターンとの重ね合わせずれの有無を検査する技術を対象とする。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェーハ上へデバイスを形成する製造工程中に実施されるリソグラフィ工程において、既に半導体ウェーハ上に形成されたパターンと、このパターンの表面に露光され現像されたレジストパターンとの重ね合わせの良否は、製造歩留まりの良否に直接影響を及ぼす要因として、その重要度が増してきている。

【0003】このような下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせ精度を測定し、その良否を判定する装置（以下、重ね合わせずれ検査装置という）と、この重ね合わせ良否の判定に用いられる重ね合わせずれ測定用マークの従来の技術について図面を参照しながら説明す

る。なお、以下の各図において同一の部分には同一の参照番号を付してその説明を適宜省略する。

【0004】まず、重ね合わせずれ測定用マークについて説明すると、図10(a)および(b)に示すBox-in-boxと呼ばれるマーク110や図11(a)および(b)に示すBar-in-barと呼ばれるマーク120が一般的に用いられている。これらのマークは、デバイス形成用の他のパターンまたはレジストパターンとともに形成され、例えば図10に示すマークでは、正方形の平面形状を有する下層パターン111（外側Boxと呼ばれる）をデバイス形成用の下層パターンと同時に形成し、保護膜113を形成した後、レジストパターン115（内側Boxと呼ばれる）をデバイス形成用のレジストパターンと同時に形成する。また、図11に示すマークでは、互いに対向する2組の直方体（外側Barと呼ばれる）でなる下層パターン121をデバイス形成用のパターンと同時に形成し、保護膜123の形成を経て、互いに対向する2組の直方体（内側Barと呼ばれる）でなるレジストパターン125をデバイス形成用のレジストパターンと同時に形成する。このような構造により、測定用マーク110、120に、下層パターンとレジストパターンとの間の相対的位置関係を表わす情報を保持することができる。

【0005】また、これらの測定マーク110、120を用いた従来の測定方法の一例は、次のとおりである。即ち、まず、測定マーク110、120に対して可視光を照射する。次に、測定マークからの反射光を検出してこれらのマークを横断する方向および縦断する方向で輝度断面プロファイルを引き出す。図10(c)および図11(c)はそれぞれ測定マーク110、120を縦断する方向で抽出した輝度断面プロファイルである。最後に、これらのプロファイルの形状に基づいて測定マーク110を構成する2つのBox（平面視における内外のBox）や測定マーク120を構成する8つのBarの間の相対的な位置関係を検出する。このような方法により、重ね合わせずれを高精度で検査することができる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の測定マークまたはこれを用いた従来の測定方法には、次のような2つの問題点があった。

【0007】即ち、第1の問題点は、測定に時間を要するという点であり、また、第2の問題点は、装置化した場合に装置の構成が大がかりになり、特に光学系の構造や各種制御系の設定が複雑になるという問題である。特に、半導体量産工場においては、大量のウェーハを限られた台数の装置で処理しなければならないため、第1の問題点を回避するためには、測定を実施するウェーハを絞り込まざるを得ない。この結果、重ね合わせ精度の検査が実施されないまま次工程に流通するウェーハが存在

するという事態が発生する。

【0008】このような事態を対処するため、光学顕微鏡を用いた目視検査が実施される場合がある。即ち、検査対象について、数ミクロンオーダーのレベルでの大規模な重ね合わせずれがあるか否かを光学顕微鏡を用いて検査員の目によって検査する方法である。

【0009】しかしながら、目視検査では検査の基準が検査員の熟練度や勘といった定性的な要素に大きく左右されるため、検査精度の低下や不安定性の原因となっていた。

【0010】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、半導体の製造工程中のリソグラフィ工程において、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせずれの有無を短時間でかつ自動的に検査することができる重ね合わせずれ検査装置、重ね合わせずれ検査用マークおよび重ね合わせずれ検査方法を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0012】即ち、本発明の第1の態様によれば、交互に配置されて周期幅pの回折格子をなすように設計された第1のパターンと第2のパターンであって、素子形成用のパターンおよびレジストパターンとともにそれぞれ同時に形成された被検査マークを含む基板を載置するステージと、波長λの平行単色光を発生させ、任意の入射角θiで上記周期幅pを与える方向から上記平行単色光を上記被検査マークに照射する照射素子と、上記平行単色光の照射を受けて上記被検査マークから発生するm次回折光（mは0を除く整数）を検出する受光手段と、上記周期幅pと上記波長λと上記入射角θiと上記m次回折光の射出角θrmとの間の関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda$$

に基づいて上記第1のパターンと上記第2のパターンとの重ね合わせずれの有無を判定する判定手段と、を備える重ね合わせずれ検査装置が提供される。

【0013】上記重ね合わせずれ検査装置が備える上記判定手段は、上記関係式に基づく射出角θrmで上記被検査マークから射出する上記m次回折光が検出されるべき位置で上記受光素子が上記m次回折光を受光する場合に、上記第1のパターンと上記第2のパターンとの間で重ね合わせずれが無いと判定し、上記関係式に基づく射出角θrmで上記被検査マークから射出する上記m次回折光が検出されるべき位置で上記受光素子が上記m次回折光を検出しない場合に、上記第1のパターンと上記第2のパターンとの間で重ね合わせずれが発生していると判定することが望ましい。

【0014】本発明の好適な実施態様において、上記重ね合わせずれ検査装置は、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に、上記関係式に基づく射出角

$\theta_{rm}$ で上記被検査マークから射出する上記 $m$ 次回折光が検出されるように、上記照射素子と上記ステージと上記受光素子との間の相対位置関係を制御する位置制御手段をさらに備える。

【0015】上記判定手段は、上記受光素子により検出された上記 $m$ 次回折光の輝度と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に上記受光素子により検出される上記 $m$ 次回折光の輝度である輝度しきい値と、を比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定することが好ましい。

【0016】また、上記位置制御手段は、上記平行単色光が通過する平面とほぼ同一の平面内で、上記 $m$ 次回折光の任意の射出角に対応して上記受光素子の受光面が上記被検査マークに対向するように上記受光素子を移動させる受光素子移動手段を含み、上記判定手段は、上記受光素子により検出される上記 $m$ 次回折光が最大の輝度を有するときの上記任意の射出角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に上記平行単色光の照射を受けて発生する上記 $m$ 次回折光の射出角である基準射出角とを比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定すると良い。

【0017】また、上記位置制御手段は、上記平行単色光が任意の入射角で上記被検査マークに入射するように上記照射素子を移動させる照射素子移動手段を含み、上記判定手段は、上記受光素子により検出される上記 $m$ 次回折光が最大の輝度を有するときの上記任意の入射角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に上記受光素子に検出される上記 $m$ 次回折光が最大の輝度を有するときの入射角である基準入射角とを比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定することとしても良い。

【0018】また、上記相対位置制御手段は、上記ステージを任意の傾斜角で傾斜させるステージ傾斜制御手段を含み、上記判定手段は、最大の輝度で上記受光素子に検出された上記 $m$ 次回折光の射出角である被測定射出角を上記ステージの傾斜角に基づいて算出し、算出された被測定射出角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に上記平行単色光の照射を受けて発生する上記 $m$ 次回折光の射出角である基準射出角と、を比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定すると良い。

【0019】上記基板には上記周期幅 $p$ を与える方向が互いに直交する複数の上記被検査マークが形成され、上記相対位置制御手段は、上記複数の被検査マークに上記平行単色光が順次照射されるように上記ステージを回転させるステージ回転制御手段を含むとさらに好適である。

【0020】また、本発明の第2の態様によれば、交互に配置されて周期幅 $p$ の回折格子をなすように設計され基板上に形成された第1のパターンと第2のパターンと

を含む重ね合わせずれ検査用マークであって、上記第1のパターンは、上記基板上の素子形成用のパターンと同時に形成され、上記第2のパターンは、上記素子形成用パターンに重ねてフォトリソグラフィにより形成されたレジストパターンと同時に形成され、波長 $\lambda$ の平行単色光の入射を任意の入射角 $\theta_i$ で上記周期幅 $p$ を与える方向から受けて、関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda \quad (m \text{ は } 0 \text{ を除く整数})$$

- 10 を満たす射出角 $\theta_{rm}$ で $m$ 次回折光を射出し、上記周期幅 $p$ を有するように形成されたか否かの情報を与える重ね合わせずれ検査用マークが提供される。

【0021】また、本発明の第3の態様によれば、基板上に第1のパターンを素子形成用のパターンと同時に形成する工程と、フォトリソグラフィにより、上記基板上に上記素子形成用パターンに重ねてレジストパターンを形成すると同時に、上記第1のパターンと交互に配置されるように第2のパターンを形成する工程とを含み、上記第1のパターンと上記第2のパターンで周期幅 $p$ の回折格子をなすように設計された被検査マークを上記基板上に形成するマーク形成工程と、発光素子から波長 $\lambda$ の平行単色光を発生させて任意の入射角 $\theta_i$ で上記周期幅 $p$ を与える方向から上記被検査マークに照射する照射工程と、上記平行単色光の照射を受けて上記被検査マークから発生する $m$ 次回折光( $m$ は0を除く整数)を受光素子により検出する検出工程と、上記周期幅 $p$ と上記波長 $\lambda$ と上記入射角 $\theta_i$ と上記 $m$ 次回折光の射出角 $\theta_{rm}$ との間の関係式

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m \lambda$$

- 30 に基づいて上記第1のパターンと上記第2のパターンとの重ね合わせずれの有無を判定する判定工程と、を備える重ね合わせずれ検査方法が提供される。

【0022】上記重ね合わせずれ検査方法において、上記判定工程は、上記関係式に基づく射出角 $\theta_{rm}$ で上記被検査マークから射出する上記 $m$ 次回折光が検出されるべき位置で上記 $m$ 次回折光が検出された場合に上記第1のパターンと上記第2のパターンとの間で重ね合わせずれが無いと判定し、上記関係式に基づく射出角 $\theta_{rm}$ で上記被検査マークから射出する上記 $m$ 次回折光が検出されるべき位置で上記 $m$ 次回折光が検出されない場合に上記第1のパターンと上記第2のパターンとの間で重ね合わせずれが発生していると判定する工程であることが好ましい。

【0023】また、上記判定工程は、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に検出されるべき上記 $m$ 次回折光の輝度である輝度しきい値と、検出された上記 $m$ 次回折光の輝度と、を比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定する工程であると良い。

【0024】また、上記検出工程は、上記平行単色光が通過する平面とほぼ同一の平面内で、上記受光素子の受

光面が上記被検査マークに対向するように上記受光素子を移動させながら上記m次回折光を検出する工程であり、上記判定工程は、最大の輝度で上記m次回折光が検出されたときの上記m次回折光の射出角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に検出されるべき上記m次回折光の射出角である基準射出角とを比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定すると良い。

【0025】また、上記照射工程は、任意の入射角で上記被検査マークに入射するように上記照射素子を移動させながら上記平行単色光を照射する工程であり、上記判定工程は、検出される上記m次回折光が最大の輝度を有するときの上記任意の入射角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に最大の輝度で検出されるべき上記m次回折光の入射角である基準入射角と、を比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定すると良い。

【0026】また、上記検出工程は、上記基板を任意の傾斜角で傾斜させながら上記m次回折光を検出する工程であり、上記判定工程は、最大の輝度で検出された上記m次回折光の射出角である被測定射出角を上記基板の傾斜角に基づいて算出し、算出された被測定射出角と、上記被測定マークが設計どおりに形成されている場合に上記平行単色光の照射を受けて発生する上記m次回折光の射出角である基準射出角と、を比較することにより上記重ね合わせずれの有無を判定することとしても良い。

【0027】また、上記マーク形成工程は、上記周期幅\*

$$p(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i) = \pm m\lambda \cdots \cdots (1)$$

ここで、 $\lambda$ は平行単色光 $L_1$ の波長を表わし、 $p$ は回折格子の周期幅を表わす。また、回折格子の周期幅 $p$ におけるライン部分の幅の長さ $a$ とスペース部分の幅の長さ $b$ との比率は1:1であるとする。

【0032】(1)の関係式から、照射する平行単色光の波長 $\lambda$ とその入射角 $\theta_i$ とが既知であり、かつ、固定の数値であるとする、m次回折光の射出角 $\theta_{rm}$ は、回折格子の周期幅 $p$ にのみ依存することになる。このことから、半導体製造工程においてデバイス形成用の下層パターンおよびレジストパターンの形成と同時に、下層のパターンとレジストパターンとを重ね合わせることで任意の周期幅 $p$ （設計値）のライン状回折格子をウェーハ上に形成してこれを検査用マークとし、この検査用マークに対して波長 $\lambda$ の平行単色光を入射角 $\theta_i$ で照射すると、発生するm次回折光の射出角 $\theta_{rm}$ が関係式(1)から導かれる理論値に対して変動するかどうかにより、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせずれの有無を判定することが可能になる。

【0033】以下、本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態では説明を簡略化するため、m次回折光として一次回折光( $m=1$ )のみを取り上げるが、原理上、他次の回

\*  $p$ を与える方向が互いに直交する複数の上記被検査マークを形成する工程であり、上記基板を回動させて、上記照射工程、上記検出工程および上記判定工程を繰り返し、上記複数の被検査マークについて重ね合わせずれを順次検査するとさらに好適である。

【0028】

【発明の実施の形態】(1) 検査原理

本発明の実施の形態を説明する前に、まず、本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の原理について図1を参照しながら説明する。

【0029】図1(a)の平面図に示すように、ラインとスペースが相互に同一の幅をもって、かつ、周期 $p$ をもって繰り返されるパターン（以下、ライン状回折格子という）50があるとすると、このライン状回折格子50に対して、光束を平行に揃えた単色光（以下、平行単色光という） $L_1$ を図1の矢印に示す方位から、即ち、パターンのラインに直交する方向から照射すると、反射光（0次回折光）と複数の回折光が発生する。これら反射光と回折光の光路を図1(b)に示す。同図は、図1(a)に示すライン状回折格子を切断線A-Aに沿って切断した場合の断面図と反射光および回折光の軌跡を含む説明図である。

【0030】平行単色光 $L_1$ の入射角 $\theta_i$ とm次回折光( $m$ は0を除く整数)の射出角 $\theta_{rm}$ との間には、次の関係式が成立する。

【0031】

折光についても適用できることは明らかである。

【0034】(2) 重ね合わせずれ検査マークの実施形態

本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法に用いられる重ね合わせずれ検査用マークの実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0035】図2は、本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マーク（以下、適宜に、被検査マークという）の第1の実施の形態を示す。同図(a)は、本実施形態の被測定マーク60の平面図であり、また、同図(b)は(a)の切断線B-Bに沿った断面図である。図2に示すように、被検査マーク60は、周期 $4d$ を有するようにウェーハS上に形成されたライン・アンド・スペースのパターン61（以下、下層パターンという）と、この下層パターン61のスペース部分にライン部分が配置されるように露光されたレジストによる周期的なパターン（以下、レジストパターンという）65とを備え、最終的には同図(b)に示すようなライン状の回折格子をなす。

【0036】本実施形態における下層パターン61とレジストパターン65との相対的なサイズと配置形態は、次のとおりである。即ち、まず、相互の配置形態につい

ては、下層パターン 61 とレジストパターン 65 の両パターン同士の重ね合わせが完全に一致している場合において、図 2 (b) に示すように、下層パターン 61 とレジストパターン 65 とによって形成されるライン状回折格子のライン幅とスペース幅とが全て同一の幅となるように選択する。また、それぞれのパターンにおけるサイズについては、図 2 (a) に示すように、下層パターン 61 とレジストパターン 65 におけるラインおよびスペースの幅は同一とし、かつ、ライン部分とスペース部分の幅の比率は 1 : 3 となるように選択する。

【0037】次に、本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークの第 2 の実施の形態について説明する。

【0038】本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークは、上記 (1) の検査原理で説明したように、下層パターンとレジストパターンとが重なり合うことにより、平行単色光を照射した場合に、上記関係式 (1) を満たすような回折光を発生させるものであれば良く、この限りにおいて形状は問わない。従って、平行光束の照射方向に沿って、同一の幅長、この幅長と同一のピッチで交互に配置されたものであれば良い。

【0039】図 3 に示す被検査マーク 70 は、矩形パターンを格子状に配置したものであり、下層パターン 71 とレジストパターン 75 とを X 方向と Y 方向のいずれにも交互に配置したものである。図 2 に示すライン状回折格子では、ラインに垂直な方向（同図に示す例では Y 方向）から平行光束を照射した場合に回折光が発生する構造となっているが、本実施形態の被検査マーク 70 では、X 方向と Y 方向のいずれから平行光束を照射しても回折光が発生する構造となっている。

【0040】図 4 に示す被検査マーク 80 は、上述した第 1 の実施形態の変形例であり、平行光束の入射を X 方向図から受けても、Y 方向から受けても回折光を発生させることができるように、図 2 に示す被検査マーク 60 を 2 つ組み合わせたものである。即ち、図 2 に示す被検査マーク 60 と同様に X 方向にラインを配置したマーク部分 80 a と、図 2 に示す被検査マーク 60 のラインが Y 方向と平行となるように配置したマーク部分 80 b とを同時に形成して一つの被検査マーク 80 としたものである。このような構造によっても、図 3 に示す被検査マーク 70 と同様に機能する回折格子を提供することができる。

【0041】本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークの第 3 の実施の形態を図 5 の断面図に示す。本実施形態の特徴は、ウェーハ S 上に形成された下層パターン 91 と、下層パターンの上方に形成されたレジストパターン 95 との間に可視光領域において透明となる透明膜 93 が形成されている点にある。

【0042】実際の半導体製造工程においては、生成されたデバイスを加工する際に下層パターンとレジストパターンとの間にこのような透明膜が堆積される場合もあ

る。本実施形態の被検査パターンは、このような製造過程においても本発明にかかる検査方法の適用を可能にするものである。本実施形態の被検査マーク 90 によれば、後述する基準射出角については、同一の条件で別途製造した良品ウェーハを基準に算出して設定しなければならない、という制約はあるが、その他の点については図 2 に示す被検査パターン 60 と同様の効果を奏する。即ち、仮に、下層パターン 91 とレジストパターン 95 との間に相対的な重ね合わせずれがある場合は、これによって回折格子の周期幅が変動するので、発生する回折格子の射出角が変化する。この射出角の変化を検出すれば、下層パターン 91 とレジストパターン 95 との間に発生する重ね合わせの有無を判定することが可能になる。

【0043】(3) 重ね合わせずれ検査装置および検査方法の実施形態

本発明にかかる重ね合わせずれ検査装置の第 1 の実施の形態について図 6 を参照しながら説明する。

【0044】図 6 は、本実施形態の重ね合わせずれ検査装置 1 の概略構成を示すブロック図である。同図に示す重ね合わせずれ検査装置 1 は、制御コンピュータ 11 と、CRT (Cathode Ray Tube) 19 と、ステージ部と、照明部と、受光部と、データ解析部 13 とを備える。

【0045】制御コンピュータ 11 は、装置全体を制御するとともに、各種制御部に制御値を設定するための指令信号を供給する。CRT 19 は、制御コンピュータ 11 に接続され、検査結果等を表示する。

【0046】ステージ部は、ステージ 17 とステージ制御部 15 とを含む。ステージ 17 は、デバイス形成用の下層パターンおよびレジストパターンと同時に形成された上述の本発明にかかる被検査マークを有するウェーハ S を上面に載置する。ステージ制御部 15 は、制御コンピュータ 11 からの指令信号に基づいて X-Y-Z の任意の方向へステージ 17 を移動できるとともに、回転軸 15 a を中心としてステージ 17 を回動できる機構を有する。

【0047】照明部は、Light Box (光源) 21 と、照明光波長制御部 23 と、照射光量制御部 25 と、照明光誘導ケーブル 27 と、照射光掃射口 29 と、凸レンズ 31 とを含む。Light Box (光源) 21、照明光波長制御部 23、および照射光量制御部 25 は、制御コンピュータ 11 に接続される。

【0048】Light Box (光源) 21 は、例えばハロゲンランプなどの発光手段を有し、制御コンピュータ 11 から指令を受けて、白色光を指令に基づく光量で発光する。

【0049】照明光波長制御部 23 は、制御コンピュータ 11 から指令を受けて、光源 21 にて発光した白色光を所望の波長の単色光とするための制御、即ち、白色光



内に混在する波長の選択をバンドパスフィルタなどを用いて行なう。波長の選択にあたっては、一般的に赤外から可視光領域 ( $\lambda = 640 \text{ nm} \sim 430 \text{ nm}$ ) が考えられるが、被検査マークの周期幅  $p$  や要求される測定精度および装置全体の構造等を考慮し、上述した (1) の関係式に基づいて最適範囲の数値を選択して重ね合わせずれ検査装置 1 に入力すればよい。

【0050】照射光量制御部 25 は、例えば減光フィルタなどを含み、制御コンピュータ 11 からの指令信号に基づいて照射光の光量を制限する。なお、減光フィルタ等を用いることなく、例えば上述したハロゲンランプの光量を直接的に制御することとしても良い。

【0051】照射光掃射口 29 は、以上のように発光し、かつ、光量および波長が制御され照射光誘導ケーブル 27 を経由して到達する単色光を入射角  $\theta_i$  でウェーハ S に対して掃射する。入射角  $\theta_i$  は、制御コンピュータ 11 により任意に設定されるが、検査中はその設定値が固定される。

【0052】凸レンズ 31 は、照射光掃射口 29 から掃射された単色光  $L_1$  の光束を制御して、平行光束にしてウェーハ S 上の被検査マークに照射させる。本装置において、凸レンズ 31 と照射光掃射口 29 の相対的な位置関係については、入射光  $\theta_i$  の設定に関係なく常に一定とする。

【0053】上述した照明部の構成は、図 6 に示す形態に限るものでなく、第 1 の要件として、任意の波長に帯域制限された単色光でかつ平行光束を生成して被測定マークに照射すること、さらに、第 2 の要件として、任意に設定された入射角および光量で被測定マークに照射可能であること、の 2 つの要件を満たすものであれば良い。従って、例えば照射光  $L_1$  を平行光束化する手段として凸レンズ 31 に代えて凹面鏡やフレネルレンズなどを用いても良い。

【0054】受光部は、受光素子 45 と、アクチュエータ 47 と、受光素子移動制御部 41 と、受光素子移動用スライダ 43 と、を含む。受光素子 45 は、CCD や光検出用センサなどを含み、被測定マークから発生した一回折光  $L_{01}$  を高感度で検知し、さらにその受光した一回折光  $L_{01}$  の強弱を輝度として数値化したものを出力する。また、受光素子 45 は受光素子移動用スライダ 43 に取り付けられ、アクチュエータ 47 により駆動されて受光素子移動用スライダ 43 に沿って移動し、これにより、受光可能な一回折光  $L_{01}$  の射出角  $\theta_{r1}$  が設定できるようになっている。受光素子移動用スライダ 43 は、平行光束  $L_1$  が通過する平面とほぼ同一平面内に設置され、平行光束  $L_1$  が被測定マークに照射する位置を中心とする円環の切片をなすように形成される。受光素子移動制御部 41 は、制御コンピュータ 11 から送られる制御信号に基づいて、受光素子 45 の照準がウェーハ面の垂線との間で所望の仰角  $\theta_r$  をなすようにア

クチュエータ 47 を駆動する。これにより、受光素子 45 が所望の仰角方向から到達する回折光のみを検出できる構造となっている。従って、受光素子 45 の指向性 (角度分解能) は、可能な限り絞り込むことにより、検査精度を向上させることができる。

【0055】データ解析部 13 は、受光素子 45 から一回折光  $L_{01}$  の輝度に関するデータを受けて被測定マークにおける重ね合わせずれの有無を判定し、判定結果を制御コンピュータ 11 に供給する。

【0056】図 6 に示す重ね合わせずれ検査装置を用いた検査方法について、本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の実施の形態として図 7 および図 8 のフローチャートを参照しながら説明する。

【0057】(A) 本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の第 1 の実施形態

図 7 は、本実施形態の重ね合わせずれ検査方法を説明するフローチャートである。本実施形態の特徴は、一回折光の射出角度を計算により予想し、この射出角度から到来する一回折光を受光できる位置で受光素子を待機させ、この待機位置で一回折光を受光するか否かにより、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせの良否を判定する点にある。

【0058】重ね合わせずれ検査用マークとしては、前述した被検査マーク 60, 70, 80, 90 のいずれを用いても良く、これらを適宜組み合わせでウェーハ S 上に形成しても良い。図 2 に示す被検査マーク 60 によれば、一次元方向の重ね合わせずれしか検知できないが、図 3 および図 4 にそれぞれ示す被検査マーク 70, 80 をウェーハ S 上に形成すれば、ステージ回動制御部 15 でステージを  $90^\circ$  回動させるだけで 2 次元の方向から重ね合わせの状態を判定することができる。

【0059】検査の開始にあたり、検査に必要な各種の条件を決定する (ステップ S1)。検査条件としては、主として、照射光掃射口 29 からの照射光の波長  $\lambda$  とその照射光量、受光素子 45 の設定仰角  $\theta_r$  と検出しきい値  $T_h$  などが挙げられる。

【0060】設定仰角  $\theta_r$  とは、検査マークに重ね合わせずれがない場合に、発生する一回折光  $L_{01}$  の射出角 (以下、一回折光射出予想角という)  $\theta_e$  を意味する。一回折光射出予想角  $\theta_e$  の決定方法としては主として 3 つの方法がある。第 1 の方法は、予め重ね合わせの状態が良好であることが既知であるウェーハ (以下、良品ウェーハという) を実際に準備し、この良品ウェーハ上の被検査マークに対して照射光掃射口 29 から平行単色光を照射して一回折光  $L_{01}$  を発生させ、アクチュエータ 47 を制御することにより受光素子 45 を受光素子移動用スライダ 43 に沿って移動させながら、一回折光  $L_{01}$  が受光素子 45 内に最も強く入射するような仰角を探索する方法である。また第 2 の方法としては、照射光の波長  $\lambda$  と入射角  $\theta_i$  とが既知である場合

で、かつ、被検査マークが周期  $p$  で理想的に形成されたものと仮定し、関係式 (1) を用いて一次回折光射出予想角  $\theta_{r1}$  を算出する方法である。また、第 3 の方法は、上記第 1 および第 2 の方法を併用したものであり、関係式 (1) を用いて理論的な予測を立て、その上で実測により最終的な微調整を行う方法である。

【0061】また、照射光量については、上述した一次回折光射出予想角  $\theta_e$  の探索手順において、受光素子 45 が飽和することなく、かつ、測定に支障をきたさない程度の輝度を与える一次回折光  $L_{D1}$  が発光するような値でよい。

【0062】また、検出しきい値（輝度値） $T_h$  は、上述の一次回折光射出予想角  $\theta_e$  の探索手順において得られた一次回折光  $L_{D1}$  の輝度を保持し、これを用いることにより設定する。

【0063】以上の検査条件は、実際の検査に先立って、検査対象のウェーハ S の品種ごと、および工程ごとに設定しておく。

【0064】次に、以上の手順にて決定した検査条件を検査装置 1 の制御コンピュータ 11 に入力する（ステップ S 2）。制御コンピュータ 11 は、検査条件の入力を受けて各種制御部に制御信号を供給し、これにより、各種制御部において検査条件に従った制御値が設定される（ステップ S 3）。

【0065】次に、被検査ウェーハ S をステージ 17 上の所定の位置に搬送し（ステップ S 4）、ウェーハ S 上の被検査マークに対して平行単色光  $L_i$  を照射し（ステップ S 5）、一次回折光  $L_{D1}$  を発生させ、受光素子 45 により、これを検出する（ステップ S 6）。照射光量は、上述した一次回折光射出予想角  $\theta_e$  の探索手順における照射光量よりも大きくする。受光素子 45 は、検出した一次回折光  $L_{D1}$  の輝度を算出してデータ解析部 13 に供給する。

【0066】ここで、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせが良好であれば、被測定マークである回折格子の周期幅は、設計どおりの周期幅  $p$  で形成されているはずであるので、発生した一次回折光  $L_{D1}$  も受光素子 45 に対して予め設定された一次回折光射出予想角  $\theta_e$  の方向へ射出されることになる。この結果、予想角  $\theta_e$  に設定された受光素子 45 に受光される一次回折光  $L_{D1}$  の輝度  $T_r$  は、検査条件決定時に記録した受光輝度、即ち、検出しきい値  $T_h$  を上回ることになる。しかし、もし重ね合わせにずれが生じている場合には、周期幅が設計値から変動することになり、従って、一次回折光  $L_{D1}$  が射出される仰角が予想角  $\theta_e$  の方向と異なることになる。この結果、予想角  $\theta_e$  に設定された受光素子 45 に受光される一次回折光  $L_{D1}$  の輝度  $T_r$  は、検出しきい値  $T_h$  以下の値となる。

【0067】データ解析部 13 は、受光された一次回折光  $L_{D1}$  の輝度  $T_r$  としきい値  $T_h$  とを比較し（ステッ

ブ S 7）、 $T_r$  が  $T_h$  を上回る場合は、重ね合わせが良好であり（ステップ S 8）、また、 $T_r$  が  $T_h$  以下である場合は、重ね合わせ不良と判定し（ステップ S 9）、検査結果を制御コンピュータ 11 に供給する。制御コンピュータ 11 は、この検査結果を CRT 19 に表示する（ステップ S 10）。

【0068】重ね合わせずれ検査装置 1 は、以上の手順を検査対象のウェーハ S の全てに対して実行する（ステップ S 11）。未検査のウェーハ S が存在する場合には（ステップ S 11）、検査済みのウェーハ S をステージ 17 から除去した後（ステップ S 12）、次の被検査ウェーハ S をステージ 17 に搬送して（ステップ S 4）、上述したステップ S 5～S 10 の手順をくり返す。未検査のウェーハ S が存在しない場合は（ステップ S 11）、検査を終了する。

【0069】（B）本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の第 2 の実施形態

図 8 は、本実施形態の重ね合わせずれ検査方法を説明するフローチャートである。本実施形態の特徴は、同図のステップ S 26 および S 27 にあり、受光素子 45 を受光素子移動用スライダ 43 に沿って移動させ、最も輝度が大きい一次回折光  $L_{D1}$  が得られたときの受光素子 45 の仰角  $\theta_r$  を検出し、この  $\theta_r$  が一次回折光射出予想角  $\theta_e$  と一致するか否かにより、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせの良否を判定する点にある。その他の手順は、図 7 に示す手順の各ステップの番号に 20 を加えたものとほぼ同一であるので、以下では、本実施形態の特徴点を中心に説明する。

【0070】まず、検査の開始にあたり、検査に必要な各種の条件を決定する（ステップ S 21）。検査条件としては、照射光  $L_i$  の波長  $\lambda$  とその照射光量、一次回折光射出予想角  $\theta_e$ 、および検出しきい値  $\alpha$  などが挙げられる。

【0071】照射光量や一次回折光射出予想角  $\theta_e$  の決定方法は、上述した第 1 の実施形態と同様である。また、検出しきい値  $\alpha$  は、検出された仰角  $\theta_r$  が一次回折光射出予想角  $\theta_e$  に完全に一致しない場合に許容される角度幅を表わし、装置の測定誤差や完成品である半導体デバイスの要求仕様などによって決定される。

【0072】次に、以上の検査条件を検査装置 1 の制御コンピュータ 11 に入力し（ステップ S 22）、各種制御部について検査条件に従った制御値を設定する（ステップ S 23）。

【0073】次に、被検査ウェーハ S をステージ 17 上の所定の位置に搬送し（ステップ S 24）、ウェーハ S 上の被検査マークに対して平行単色光  $L_i$  を照射し（ステップ S 25）、一次回折光  $L_{D1}$  を発生させる（ステップ S 26）。このとき、アクチュエータ 47 を制御して受光素子 45 を受光素子移動用スライダ 43 に沿って移動させ（図 6 矢印 A1 参照）、最も輝度が大きい回折光

が得られたときの受光素子45の仰角 $\theta_r$ を検出する(ステップS26)。受光素子45は、検出した仰角 $\theta_r$ をデータ解析部13に供給する。

【0074】データ解析部13は、受光素子から供給された仰角 $\theta_r$ と一次回折光射出予想角 $\theta_e$ とを比較する(ステップS27)。具体的には、仰角 $\theta_r$ と一次回折光射出予想角 $\theta_e$ との差の絶対値 $|\theta_r - \theta_e|$ を検出しきい値 $\alpha$ と比較し、 $|\theta_r - \theta_e|$ が $\alpha$ を下回れば、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせが良好であると判断し(ステップS28)、 $|\theta_r - \theta_e|$ が $\alpha$ 以上であれば、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせにずれが生じているものと判断する(ステップS29)。データ解析部13は、判断の結果を検査結果として制御コンピュータ11に供給し、制御コンピュータ11は、この検査結果をCRT19に表示させる(ステップS30)。以上の一連の手順を検査対象のウェーハSの全てについて実行し(ステップS31、S32、S25～S30)、検査を終了する。

【0075】次に、本発明にかかる重ね合わせずれ検査装置の第2の実施の形態について図9を参照しながら説明する。

【0076】図9は、本実施形態の重ね合わせずれ検査装置2の概略構成を示すブロック図である。図6との対比において明らかなように、本実施形態の重ね合わせずれ検査装置2の特徴は、ステージ制御部15に代えて、ステージ回動傾斜駆動制御部16を備える点と、受光素子移動用スライダ43、アクチュエータ47および受光素子移動制御部41を備えることなく、受光素子45が所定の設定仰角 $\theta_s$ で固定的に設置されている点にある。重ね合わせずれ検査装置2のその他の構成は、図6に示す重ね合わせずれ検査装置1と同一である。ステージ回動傾斜駆動制御部16は、制御コンピュータ11から供給される指令信号に基づいて、図9の矢印A2に示す方向にステージを傾斜させ、または図6に示すステージ回動制御部と同様に、回転軸16aを中心にウェーハSを回動させる。

【0077】また、本実施形態の重ね合わせずれ検査装置2を用いた重ね合わせずれ検査方法も、上述した(A)および(B)にて説明した検査方法と実質的に同一であり、相違点は、受光素子45をスライド走査させることなく、ステージ18を傾斜させることにより一次回折光 $L_{D1}$ の射出角 $\theta_{r1}$ を変化させ、固定的に設置された受光素子45にて一次回折光 $L_{D1}$ を検出する点のみである。従って、図9に示す重ね合わせずれ検査装置2を用いた検査方法の詳細な説明は省略する。

【0078】このように、本実施形態の重ね合わせずれ検査装置2は、受光素子45を移動させることなく、ステージ45を回動または傾斜させるので、検査を実現するために装置内で素子が移動する範囲が狭まる。これにより、装置全体の占有スペースを削減することができる

ので、装置を小型化することができる。また、被検査ウェーハSの上方領域において機械的な動作がなくなるので、発塵等によるウェーハSの汚染を低減することができる。

【0079】以上、本発明の実施の形態のいくつかについて説明したが、本発明は上記形態に限ることなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変形して適用することができる。例えば、図6に示す重ね合わせずれ検査装置では受光部を移動可能な構成としたが、受光素子を図9に示すように固定し、照射部にスライダやアクチュエータを設けて照射光掃射口を移動する構成としても良い。また、照射素子および照射光掃射口のいずれもが移動する構成でも良い。また、上述した実施形態では、主として照射光を平行光束化する素子(凸レンズや凹面鏡、フルネルレンズなど)のサイズや受光素子の集光力が小さい場合、即ち、被検査ウェーハ上の検査領域が当該ウェーハの一部に限定される場合を想定しており、この対策としてステージを移動することにより平行単色光をウェーハ全面に走査する構成としたが、照射光を平行光束化する素子について、被検査ウェーハ全面の領域を覆うことが可能な口径のもの(～200mm)に変更し、また、当該素子をもう一つ用意し、ウェーハ全面から射出された一次回折光を集光させる素子、即ち、受光素子の対物レンズとして使用することで、被検査ウェーハの全面を一括して処理できるようにしても良い。

#### 【0080】

【発明の効果】以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【0081】即ち、本発明によれば、半導体の製造工程中のリソグラフィ工程において、下層パターンとレジストパターンとの重ね合わせずれの有無を短時間でかつ自動的に検査できる。これにより、従来目視観察に依存していた重ね合わせ不良の検出を高い精度で、かつ容易に実施することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の原理の説明図であり、(a)はライン状回折格子の平面図、(b)は入射光と一次回折光の光路を含む断面図である。

【図2】本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークの第1の実施の形態を示す平面図および断面図である。

【図3】本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークの第2の実施の形態を示す平面図である。

【図4】図2に示す重ね合わせずれ検査用マークの変形例を示す平面図である。

【図5】本発明にかかる重ね合わせずれ検査用マークの第3の実施の形態を示す断面図である。

【図6】本発明にかかる重ね合わせずれ検査装置の第1の実施の形態の概略構成を示すブロック図である。

【図7】本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の第1

の実施の形態を説明するフローチャートである。

【図 8】本発明にかかる重ね合わせずれ検査方法の第 2 の実施の形態を説明するフローチャートである。

【図 9】本発明にかかる重ね合わせずれ検査装置の第 2 の実施の形態の概略構成を示すブロック図である。

【図 10】従来の技術による合わせずれ測定方法の一例の説明図である。

【図 11】従来の技術による合わせずれ測定方法の他の例の説明図である。

【符号の説明】

- 1, 2 重ね合わせずれ検査装置
- 11 制御コンピュータ
- 13 データ解析部
- 15 ステージ制御部
- 16 ステージ回動傾斜駆動制御部
- 17, 18 ステージ
- 19 CRT
- 21 Light Box (光源)

\* 23 照射光波長制御部

25 照射光量制御部

29 照射光掃射口

31 凸レンズ

41 受光素子移動制御部

43 受光素子移動用スライダ

45 受光素子

47 アクチュエータ

60, 70, 80, 90 重ね合わせずれ検査用マーク

10 61, 71, 81, 91 下層パターン

59, 65, 75, 85, 95 レジストパターン

L<sub>i</sub> 照射光

L<sub>D1</sub> 一回折光

S 半導体ウェーハ

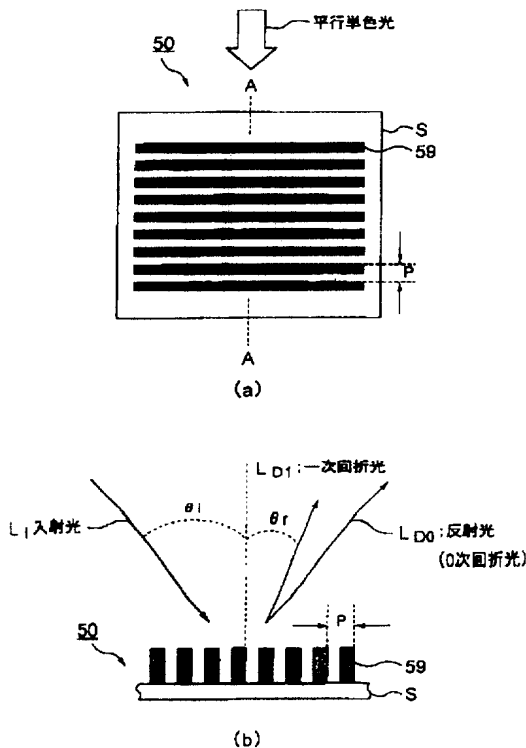
$\theta_i$  照射光入射角

$\theta_r$  受光素子設定角 (可動)

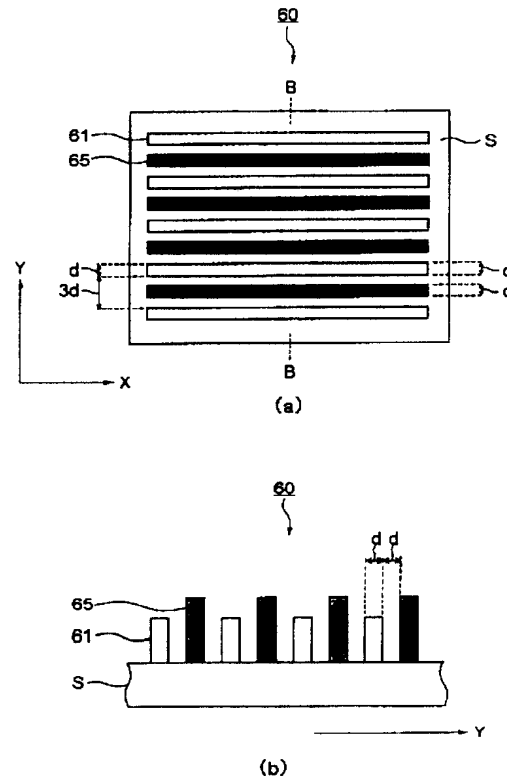
$\theta_s$  受光素子設定角 (固定)

\*  $\theta_{rm}$  回折光射出角

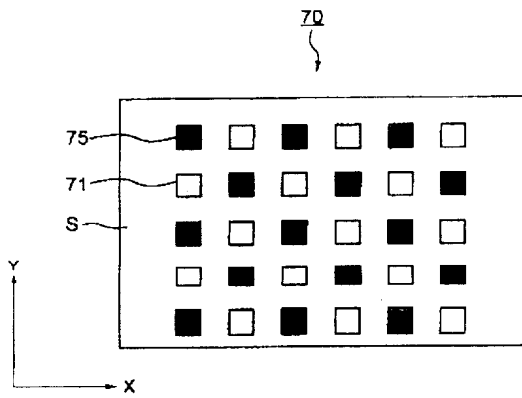
【図 1】



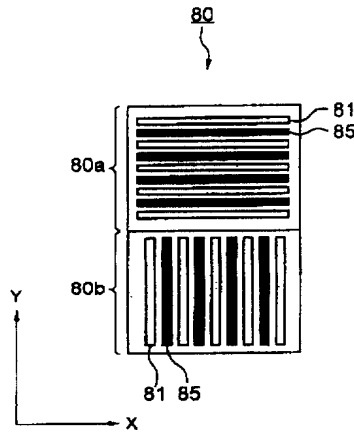
【図 2】



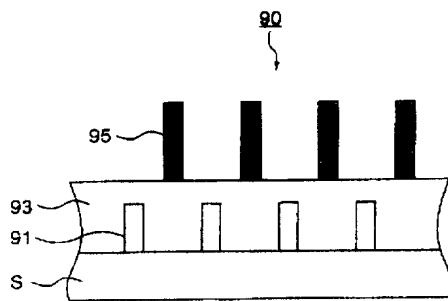
【図3】



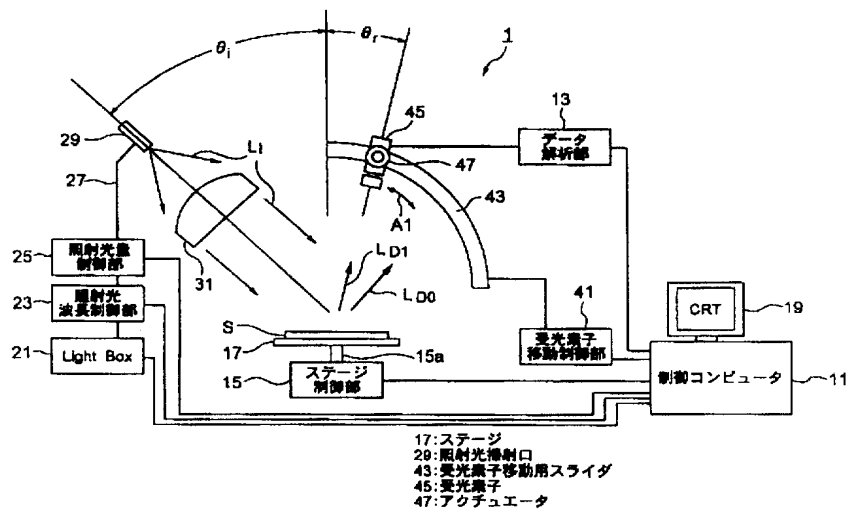
【図4】



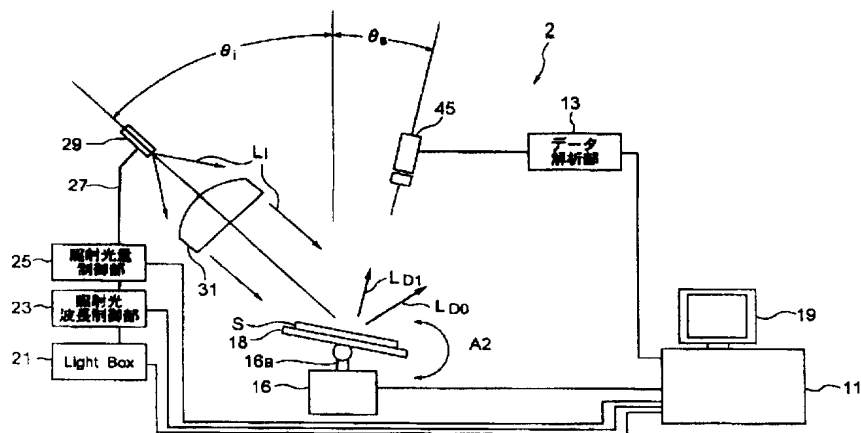
【図5】



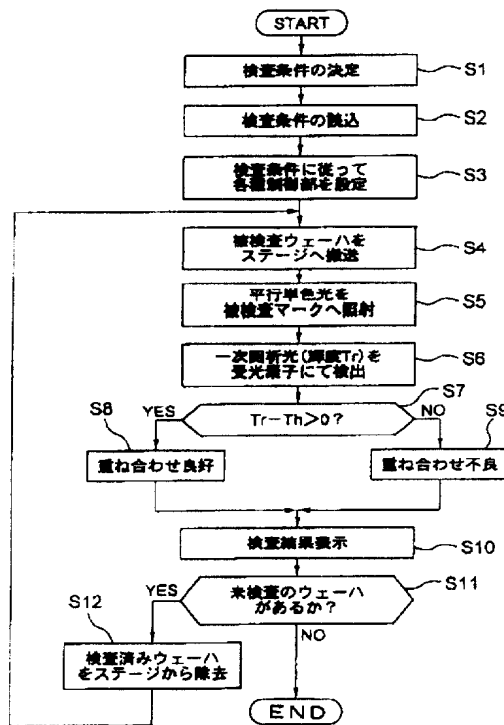
【図6】



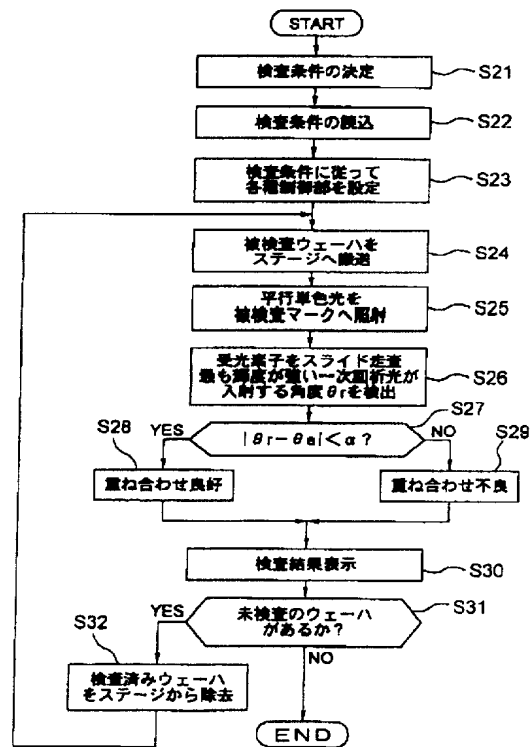
【図9】



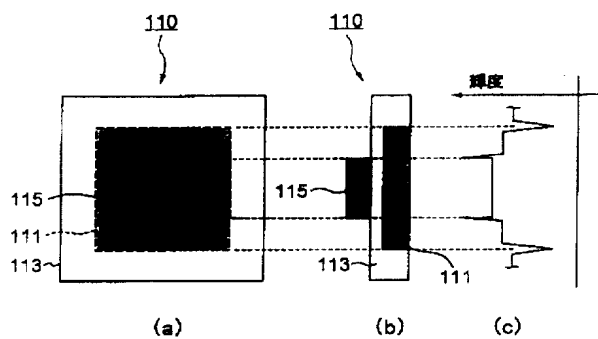
【図 7】



【図 8】



【図 10】



【図 11】

